

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže



## **Montáž závodního vozu Peugeot 208 R2**

## **Assembly of Racing Car Peugeot 208 R2**

Student:

Jiří Nutil

Vedoucí diplomové práce:

Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Nutil**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: **Montáž závodního vozu Peugeot 208 R2**  
**Assembly of Racing Car Peugeot 208 R2**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky montáže závodních vozů.
2. Popis vybrané problematiky montáže.
3. Návrh montážního postupu.
4. Závěrečné zhodnocení montážních prací.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] DUŠÁK, K. *Technologie montáže. Základy*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2005. 116 s. ISBN 80-7083-906-6.
- [2] PETRŮ, J.; ČEP, R. *Základy montáže*. Ostrava : Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2012. s. 123. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [3] HENZOLD, G. *Geometrical Dimensioning and Tolerancing for Design, Manufacturing and Inspection: A Handbook for Geometrical Product Specification Using ISO and ASME Standards*. Amsterdam : Butterworth-Heinemann, 2006, 411 s. ISBN 978-07-506-6738-8.
- [4] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [5] WHITNEY, Daniel E. *Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*. Oxford : Oxford University Press, USA, 2004. 544 p. s. ISBN 978-01-951-5782-6.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



  
Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedení vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : .....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Nutil

Adresa trvalého pobytu autora práce: Horní Těrlicko 481 psč. 73542

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Nutil, J. Montáž závodního vozu Peugeot 208 R2. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 64s. Vedoucí práce: Petrů, J.

Tato diplomová práce se zabývá montáží závodního vozu Peugeot 208 R2. V úvodní části jsou popsány zákony a technické předpisy určující vznik závodního vozu o orgány činné v tomto řízení. V následující kapitole jsou popsány jednotlivé části vozu a jejich technické parametry. Pro zpřehlednění montážních postupů byla popsána geometrie vozu a princip funkce převodové skříně. Další kapitola se zabývá návrhem montážních postupů vybrané problematiky montáže. V závěru práce je zhodnocení montážních prací.

## ANNOTATION OF THESIS

Nutil, J. Assembly of Racing Car Peugeot 208 R2. Ostrava: VŠB – Technical University of ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2014, 64 p. Thesis head: Petrů, j.

This thesis deals with assembly of racing car Peugeot 208 R2. In the introduction part, there are described laws, technical regulations determining creation of racing car and institutions being active in this process. Individual parts and their technical parameters are described in the following chapter. In order to clarify assembly procedures there were described geometry of the car and principles of function of the gearbox. The next chapter deals with design of assembly procedures for selected problems of assembly. Evaluation of assembly work is in the conclusion.

## **OBSAH**

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ**

## ÚVOD

Závody rally jsou v dnešní době velice populární motoristickou disciplínou, která v posledních létech zažívá veliký rozmach. Každý závodník touží po vítěství, které není ovlivněno jen jezdeckými schopnostmi, ale také kvalitním vozem.

Vozy pro rally jsou rozděleny do tříd podle objemu válců motoru, a také podle množství úprav, kterými se liší od vozu, ze kterého vychazejí. Třída R2 pod kterou stavěný vůz spadá patří spíše k třídám nižším s menšími úpravami oproti např. všemi známé třídě WRC. To však neznamená že všechny vozy třídy R2 jsou čistě „garážové“, produkce. Vůz Peugeot 208 R2 pochází přímo z tovární produkce, takže se jedná o tovární speciál, který byl postaven na základu Peugeotu 208 modelové řady pro rok 2013, přímo pro závody rally ve třídě R2. Automobilka Peugeot nabízí tyto vozy volně k prodeji ve svém sídle v Paříži. Zákazník má dvě možnosti jak si auto zakoupit. Jednou z možností je vůz objednat a nechat si jej složit přímo ve společnosti Peugeot-sport. Druhou možností, kterou byla zvolena, je zakoupení rozloženého vozu, kdy je v celku dodán pouze motor a převová skříň. Tato varianta byla zvolena především kvůli finanční úspoře která činila 12.000 euro. Dalším faktorem který vedl ke koupi stavebnice byla časová úspora. Na sestavené vozy je vypsán pořadník a čekací doby se pohybují kolem jednoho roku. Vůz v rozloženém stavu je k dispozici v podstatě okamžitě.

Zúčastnit se soutěže s takto postaveným vozem bývá velice nákladné. Náklady spojené se zkoupením vozu jsou pouze jednou položkou z celé řady nákladů spojených se závoděním. Vůz má předem nastaveno kolik kilometrů popř. hodin má daná součástka vydržet a tak se musí někdy měnit i po jedné etapě (jednom soutěžním dni). Pak se může stát nečekaná porucha např. převodovky, nebo poruchy spojené s nehodou jezdce na které se musí taktéž okamžitě reagovat. Na větších soutěžích se mohou i náklady spojené se startovním vyšplhat do deseti tisíců. Obrovskou výhodou a ušetřením financí je, že společnost Peugeot-sport garantuje pro své klienty dodání veškerých dílů, v případě potřeby, do dvaceti čtyř hodin po celé Evropě.

Jak již z názvu vyplývá cílem této diplomové práce bude popis montáže a návrh montážních postupů vybrané problematiky. Vzhledem k veliké obsáhlosti tématu se bude práce věnovat především popisu a nastavení podvozku, což patří mezi nejchoulostivější část montáže. Bude popsán návrh několika montážních přípravků,



které bylo nutné při montáži zhotovit a také budou navrženy technologické postupy vybraných montážních úseků.

## **1 Úvod od problematiky montáže závodních vozů**

Tato kapitola se bude zabývat popisem orgánu činných v oblasti motosportu, jejich technickými předpisy a zákony které určují, jak sportovní vůz vzniká. Dále bude popsán postup vzniku sportovního automobilu. V závěru kapitoly budou popsány jednotlivé třídy vozů a jejich specifikace.

### **1.1 Technické předpisy**

V České republice je brána jako jediná autorita ve všech odvětvích motosportu Autoklub České republiky (AČR). Je to přímý zástupce motoristického sportu České republiky v rámci mezinárodní automobilové federace (FIA) a je pověřen uplatňováním mezinárodních předpisů, stanovených mezinárodními sportovními řády FIA v České republice. Autoklub české republiky (Obr.1) vykonává svou sportovní pravomoc, prostřednictvím své sportovní komise, která vystupuje pod názvem Federace automobilového sportu AČR (FAS AČR).

Každý sportovní vůz určený pro automobilové podniky musí splňovat svým provedením podmínky, které jsou stanoveny mezinárodními řády FIA a národními sportovními řády FAS AČR. Vůz musí být podle nich schválen a vybaven průkazem sportovního vozidla opatřeného registrační značkou. Vozidla opatřena touto registrační značkou jsou oprávněná provozu na pozemních komunikacích pouze v místě a čase konání sportovního podniku pořádaného FAS AČR na území České republiky. Vozidlo nesmí být použito k provozu na pozemních komunikacích ani při tréninku a jízdách konaných do místa podniku a zpět.

### **1.2 Homologační list vozu**

Každý automobil, který jezdí rally, musí mít platnou homologaci a vlastní homologační list, který přesně určuje, jak má vozidlo vypadat a jaké úpravy jsou povoleny. Homologaci určuje výrobce vozidla podle předpisů vydaných mezinárodní automobilovou federací (FIA). V homologačním listu jsou znázorněny veškeré podstatné změny na voze. V našem případě to byl zejména podvozek vozu, ochranná klec, brzdový systém, výfukové potrubí a motor s převodovou skříní. Námi stavěný vůz byl dodán již s platným homologačním listem a s homologovanými díly. Tudíž odpadala starost o to, zda bude vůz přesně odpovídat své homologaci. Jedinou věcí,

kteřou bylo z homologačního listu nutno dodržet, bylo v podstatě pouze základní nastavení výšky vozu.

### 1.3 Vznik sportovního automobilu

Sportovní vůz může v České republice vzniknout dvěma způsoby

1. „Sportovní vůz vzniká jako typ podle §15 a §28 zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích (zkrácený název zákona) ve znění pozdějších předpisů, výrobcí vozidla nebo pokud má výrobce sídlo v zahraničí jeho zástupci se sídlem v České republice.“ [ ]
2. „Sportovní vůz vzniká přestavbou nebo postupnou výrobou vozidla hromadně schváleného typu formou Ministerstvem dopravy povolené hromadné přestavby.“ [ ]

V prvním případě se jedná o vozy vyráběné v malých sériích do 500 kusů (tovární vozy), kde výrobce musí požádat Ministerstvo dopravy o udělení výjimky z informačního dokumentu pro schvalování typu silničního motorového vozidla. Žádost musí obsahovat jaká výjimka má být povolena, a její odůvodnění. Dále musí obsahovat platné osvědčení o schválení technické způsobilosti daného typu vozidla a osvědčení o homologaci pro jednotlivé technické celky (homologační list). Ministerstvo dopravy zveřejňuje technické předpisy, normy a technické specifikace, dle kterých bude vůz nebo jeho konstrukční celky schvalovány.

V druhém případě se jedná o vozy, které jsou stavěny kusově („garážové produkce,“). Tyto vozy musí být schváleny dle bodu 1. Tzn., že automobilka má již vůz schválen dle platných předpisů a má k vozům daného typu platné homologační listy, které specifikují jednotlivé úpravy na voze. Stavitel si pořídí vůz sériové produkce, který upraví dle platných homologačních listů pro daný typ vozu.



Obr. 1 znak Autoklubu České republiky[ ]

#### 1.4 Postup vzniku sportovního automobilu

- Vozidlo, které je určeno k přestavění, na závodní vůz, musí mít schválenou technickou způsobilost k provozu na pozemních komunikacích (musí mít technický průkaz).
- Zájemce požádá příslušný úřad o povolení na výrobu sportovního vozu. S žádostí současně předloží homologační list FIA.
- Provede stavbu vozu v daném rozsahu dle mezinárodních sportovních řádu FIA a národních sportovních řádů FAS.
- Vyčká na rozhodnutí příslušného úřadu, zda splnil všechny stanovené podmínky.
- U některého z členu testovací komise si vyzvedne průkaz, ve kterém testovací komisař FAS AČR vyplní prohlášení o vozidle podle konkrétního homologačního listu.
- Absolvuje technickou kontrolu v některé z prověřených zkušebních stanic, které jsou oprávněny provádět kontroly sportovních vozidel (Zlín, Praha).
- V případě kdy bude žadatel chtít současně se schválením technické způsobilosti sportovního vozidla i jeho registraci, absolvuje současně ve výše uvedené zkušební stanici i emisní kontrolu a technickou prohlídku před registrací.
- Pokud žadatel o schválení technické způsobilosti sportovního vozidla registraci nebude požadovat, emisní kontrolu a technickou prohlídku před registrací v jedné z pověřených zkušebních stanic provede až ten, kdo bude o registraci tohoto vozidla žádat.
- Pověřeným úřadem si nechá schválit technickou způsobilost závodního vozu k provozu na pozemních komunikacích, kde obdrží technický průkaz motorového vozidla a osvědčení o registraci vozidla a v případě registrace i registrační značku určenou pro sportovní vozidla. Pověřený úřad schválí otiskem razítka správnost údajů vypsanych testovacím komisařem.
- Dostaví se s vozidlem k testování v řádném oficiálním termínu. Po dohodě s testovací komisí je možnost testování i mimo termín.
- Požádá Ministerstvo dopravy o povolení k provozování sportovního vozidla na pozemních komunikacích.
- Teprve až Ministerstvo dopravy vydá povolení tak se lze, se sportovním vozidlem, účastnit sportovního podniku.

## 1.5 Rozdělení vozů do závodních sku

Toto rozdělení je pouze základní, se základními specifikacemi tříd pro zpřehlednění dělení závodních vozů. Třídy, které jsou v následujícím textu popsány podrobněji, vznikly nově v roce 2013 na popud mezinárodní automobilové federace (FIA).

### Vypsane třídy vozidel pro mezinárodní mistrovství ČR v rallye pro rok 2014

Tab.1 Rozdělení vozů do tříd a skupin pro mezinárodní mistrovství ČR v Rallye pro rok 2014

<b>Třídy</b>	<b>Skupiny</b>
<b>2</b>	S2000-Rally R4 R5
<b>3</b>	N nad 2000ccm
<b>4</b>	RGT
<b>5</b>	A nad 1600ccm do 2000ccm Super 1600 R2C R3C R3T R3D
<b>6</b>	A nad 1400ccm do 1600ccm R2B Kit-car do 1400ccm
<b>7</b>	A do 1400ccm Kit-car do 1400ccm
<b>8</b>	N nad 1600ccmdo 2000ccm
<b>9</b>	N nad 1400ccm do 1600ccm R1B
<b>10</b>	N do 1400ccm R1A

**World Rally Cars (WRC)**

- Motor: 4 válcový, přeplňovaný, benzínový o obsahu do 1600 ccm
- Vstřikování: přímé
- Velikost turbodmychadla: maximálně 33mm
- Maximální tlak turbodmychadla: 2,5 bar
- Minimální hmotnost: 1200 kg
- Převodovka: sekvenční bez středového diferenciálu
- Pohon: hnané obě dvě nápravy (4x4)
- Maximální šířka vozu: 1820 mm (specifikace pro přední a zadní nárazníky)
- Disky kol: 18 palců – verze pro asfalt

15 palců – verze pro šotolinu

Skupina WRC není vypsaná pro mezinárodní mistrovství ČR

**Super 2000 Rally**

- Motor: 4 válcový, atmosférický, benzínový o obsahu do 2000 ccm
- Vstřikování: vícebodové
- Velikost škrtící klapky: maximálně 64,25
- Minimální hmotnost: 1200 kg
- Převodovka: sekvenční bez středového diferenciálu
- Pohon: hnané obě dvě nápravy (4x4)
- Maximální šířka vozu: 1820mm (specifikace pro přední a zadní nárazníky)
- Disky kol: 18 palců – verze pro asfalt

15 palců – verze pro šotolinu

Vozy standardní produkce 2WD mohou být upraveny na 4WD

**Skupina R5**

- Motor: 4 válcový, přeplňovaný, benzínový o obsahu do 1620 ccm
- Velikost turbodmyhadla: maximálně 32 mm
- Maximální tlak turbodmyhadla: 2,5 bar
- Minimální hmotnost: 1200 kg
- Pohon: hnané obě dvě nápravy (4x4)
- Převodovka: sekvenční bez středového diferenciálu
- Pohon: hnané obě dvě nápravy (4x4)
- Maximální šířka vozu: 1820 mm (specifikace pro přední a zadní nárazníky)
- Disky kol: 18 palců – verze pro asfalt

15 palců – verze pro šotolinu

- Povolené úpravy: Vozy třídy R5 standardní produkce 2WD mohou být upraveny na 4WD.

Tato kategorie nově vznikla v roce 2013 a je určena jako levnější varianta 4WD vozů pod kategorií World rally cars (WRC). Do budoucna již FIA zvažuje celkové zrušení kategorie Super 2000 rally, která bude nahrazena právě třídou R5.

**Skupina R4**

- Motor: turbokompresorový benzínový o obsahu větším než 2000 ccm
- Vstřikování: původní
- Velikost turbokompresoru: maximální průměr 33 mm
- Minimální hmotnost: 1300 kg
- Převodovka: sekvenční
- Pohon: hnané obě dvě nápravy (4x4), musí vycházet ze sériového vozu
- Maximální šířka vozu: musí vycházet ze sériového vozu
- Disky kol: 18 palců – verze pro asfalt

15 palců – verze pro šotolinu

- Povolené úpravy: úpravy povoleny, u vozu je specifikován systém odpružení a další lehké komponenty podléhající homologaci

**Skupina R3, ( R3C, R3D, R3T )**

- Motor: R3C - atmosférický benzínový o obsahu od 1600 ccm do 2000 ccm  
R3D - přeplňovaný vznětový do 2000 ccm  
R3T – přeplňovaný Benzínový o obsahu do 1600ccm
- Vstřikování: vícebodové
- Velikost turbokompresoru: R3D - maximální průměr 32mm  
R3T – maximální průměr 29mm
- Minimální hmotnost: R3D – 1150 kg  
R3T – 1180 kg  
R3C – 1180kg
- Převodovka: sekvenční
- Pohon: hnaná buď přední náprava, nebo zadní náprava
- Maximální šířka vozu: musí vycházet ze sériového vozu
- Disky kol: 18 palců – verze pro asfalt  
15 palců – verze pro šotolinu
- Povolené úpravy: vůz musí vycházet ze sériového modelu,  
Předepsané úpravy jsou povoleny



**Třída R2, (R2C, R2B)**

- Motor: atmosférický benzínový R2C - od 1400 ccm – do 1600 ccm  
R2B – od 1600 ccm – do 2000 ccm

- Vstřikování: vícebodové
- Minimální hmotnost: 1030 kg
- Převodovka: sekvenční
- Pohon: hnaná buď přední náprava, nebo zadní náprava
- Maximální šířka vozu: musí vycházet ze sériového vozu
- Disky kol: 16 palců – verze pro asfalt

15 palců – verze pro šotolinu

- Povolené úpravy: vůz musí vycházet ze sériového modelu,

Předepsané úpravy jsou povoleny

Námi stavěný vůz spadá do kategorie R2C.

**Skupina R1, (R1A,R1B)**

- Motor: atmosférický benzínový R1A - do 1400ccm  
R1B – od 1400ccm - do 1600ccm

- Vstřikování: sériové produkce
- Minimální hmotnost: 1030 kg
- Převodovka: sériové produkce
- Pohon: hnaná buď přední náprava, nebo zadní náprava
- Maximální šířka vozu: standardní výroba
- Disky kol: 16 palců – verze pro asfalt

15 palců – verze pro šotolinu

- Povolené úpravy: vůz musí vycházet ze sériového modelu bez úprav

## 2 Popis vybrané problematiky montáže

Tato kapitola se bude věnovat popisu vozu a jeho technických parametrů, dále se bude zabývat podvozkem a jeho geometrií. V závěru bude popsána převodová skříň a její funkce.

### Popis vozu a jeho technické parametry



Obr. 2 Zkompletovaný vůz Peugeot 208 R2

Stavěný vůz (Obr. 2) byl objednáán již v podzimních měsících a jednalo se o první tovární Peugeot 208 R2 v naší republice a taktéž o první montáž tohoto vozu u nás. V sezóně 2013 již ve třídě R2 startoval s továrním Peugeotem Jan Černý, který jej měl zapůjčen od zahraničního teamu. Kvality vozu, především skvěle vyváženého a funkčního podvozku v kombinaci s výkonným motorem a nadmíru kvalitními brzdami, potvrzuje především fakt, že Jan černý byl schopen ve své třídě zvítězit.

Automobilka Peugeot představila závodní model 208 R2, který vychází ze sériově vyráběné dvěstěosmičky, již v sezóně 2012, kdy se poprvé objevil na Korsické Rallye. Stavěný vůz byl již z modelové řady 2013. Vůz spadá do nižší kategorie a je určen

především pro začínající jezdce díky velice příznivé ceně, která začíná na 38.000 euro za závodní kit (včetně motoru). Dále je námi zvolená varianta koupě celého vozu v rozloženém stavu za 48.000 euro, nebo koupě kompletního složeného vozu za 58.000 euro. Velikou popularitu má vůz ve Francii, kde se jede i Peugeot cup určený pouze pro tyto modely. Vozy jsou dodávány již s homologačními listy, což znamená, že automobilová asociace FIA již vůz schválila pro závody a odpadá nutnost certifikace vozu, která je nutná v případě, že je vůz stavěn „doma“.

Interiér vozu je zbaven všech přebytečných částí, včetně tlumících materiálů. Sériové sedadla byly nahrazeny závodními skořepinovými sedadly Sparco s šestibodovými pásy. Zadní sedadla byla odstraněna a místo nich je ve voze rezerva. Místo sériového volantu je ve voze standardní závodní volant Sparco za kterým se nachází LCD displej ukazující zařazený rychlostní stupeň a otáčky motoru. Z ovládacích prvků za volantem zbylo pouze ovládání stěračů.

Celková váha vozu činí 1030 kg, což je o 30 kg méně, než u standardního, sériového Peugeotu 208. Malé rozměry 3962 mm dlouhého a 1739 mm širokého vozu spolu s rozložením váhy 60 % na přední nápravě a 40 % na zadní jej předurčuje k výbornému chování při skocích, které se vyskytují téměř na každé trati.

## 2.1 Motor, převodovka, spojka, řízení

Pohon vozu zajišťuje 1,6-litrový čtyřválcový atmosférický motor (Obr.2.1), který při 7800 otáčkách vyvine výkon 185 Hp. Kroutící moment 190Nm je maximální při 6300 otáčkách. Motor využívá nepřímý systém vstřikování Magneti Marelli, kde je škrtková klapka poháněná motorem pomocí řídicí jednotky. Ventilový rozvod je pomocí dvou vačkových hřídelí v hlavě válců poháněných řetězem s variabilním řízením ventilu sání a výfuků. Vrtání válců 77 mm spolu se zdvihem motoru 85,8 mm dává celkový objem 1598 ccm.



Obr. 2.1 Motor vozu

Výkon motoru se přenáší přes 5-ti stupňovou sekvenční převodovku Sadev s mechanickým ovládáním za volantem. Převodovka má vlastní náporový chladicí systém, který funguje pomocí vzduchového potrubí na přední straně vozu. Řadicí páka vozu je umístěna na sloupku řízení, kde se řadí rychlosti pohybem od sebe, k sobě. Mezi převodovkou a motorem se nachází jednotkoučová keramicko-kovová spojka o průměru 184 mm, která je hydraulicky ovládaná.



Vůz má náhon přední nápravy a vzhledem k různorodosti povrchů závodních tratí je obrovskou výhodou diferenciál s omezenou svorností, díky němuž se kola zbytečně neprotáčí, výkon se úměrně rozloží na obě dvě kola, což umožňuje efektivnější průjezdy zatáček zejména u nepevných či klzkých povrchů.

Vůz má dále hydraulický posilovač řízení, který je oproti standardnímu elektrickému posilovači citlivější a umožňuje lepší ovladatelnost vozu. O kontakt s vozovkou se starají stavitelné tlumiče Ohlins (Obr.2.2). Pro nastavení podvozku jsou dvě základní varianty a to: nastavení na šotolinový povrch, který se u nás nejezdí a nastavení na asfalt, které bylo zvoleno.



Obr. 2.2 Přední tlumič Ohlins

## 2.2 Brzdy

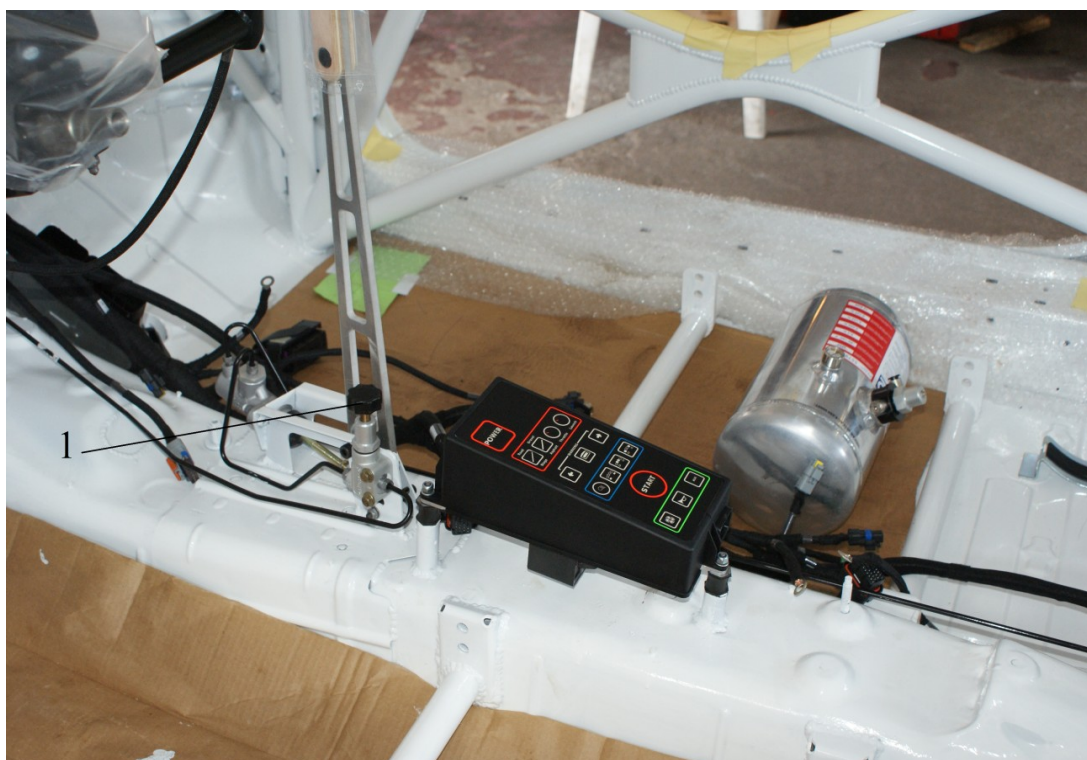
Brzdění zajišťují brzdy Alcon s dvojitými plovoucími kotouči o průměru 310 mm (Obr.2.3) a čtyřpístkovými třmeny s radiálním uchycením vepředu. Zadní část vozu brzdí pevné kotouče o průměru 290mm a dvoupístkové třmeny s radiálním uchycením. Zajímavé je řešení předního chlazení brzd pomocí náporového vzduchového potrubí. U verze pro šotolinu jsou kotouče menší, proto je nutné vyměnit také redukci třmenu.



Obr. 2.3 Přední kotoučová brzda s náporovým chlazením

Rozvod brzdící kapaliny je dvouokruhový. První okruh zajišťuje rozvod brzdové kapaliny pro přední brzdy. Druhý okruh, potom pro zadní brzy spolu s ruční brzdou. Ruční brzda je při rallye nezbytnou součástí zejména při ostrých zatáčkách „vracečkách“. Její účinnost musí být vysoká a z toho důvodu je ve voze napojena přímo na brzdový třmen zadního kotouče, který slouží také pro brzdový pedál. To znamená, že ruční brzda brzdí zadní kotouče oproti sériovým vozům, kde bývá vzadu např. kotoučová brzda na brzdění pedálem a bubnová ruční brzda.

Velikou výhodou brzdového systému je možnost rozložení brzdné síly na nápravy. Pod ruční brzdou se nachází dělič (Obr.2.4). V podstatě se jedná o šroubení, které reguluje průtok brzdící kapaliny. Jezdec si tak může sám nastavit, jaký poměr brzdných sil mu vyhovuje nejlíp. Při závodech jsou poměry brzdných sil na nápravách velice důležité, neboť ovlivňují chování podvozku při brzdění. Na každou trať je nutno poměry nastavit znovu v závislosti na povrchu vozovky, povaze zatáček a brzdných místech.



Obr. 2.4 Ruční brzda a dělič (1)



### 2.3 Hasicí systém

Dle předpisů FIA musí být ve voze hasicí systém, který je možné spustit jak z kokpitu, tak i z venkovní strany vozu, kde se v mezeře mezi stěrači a kapotou nachází spínač, pro případ že posádka nebude schopná systém spustit zevnitř. Za sedadlem řidiče se nachází tlaková bomba Sparco s halónovým práškem, která je součástí hasicího systému vozu. Vůz má několik hasících trysek v motorové části a taktéž v kokpitu. Nevýhodou hasicího systému je jeden okruh, který funguje jak pro kokpit, tak pro motorovou část. Halónový prášek se velice špatně odstraňuje a např. při banální poruše v motorové části která způsobí, byť menší požár, dojde k znečištění celého kokpitu. Aby se předešlo při nehodě vzniku požáru následkem elektrické jiskry je vedle spínače hasicího systému z venkovní strany i vypínač, který odpojí vůz od elektřiny.



Obr. 2.5 Tlaková bomba s halónovým práškem



## 2.4 Ochranná klec

O bezpečí posádky se stará ochranná klec vyvařená do nosných částí karoserie vozu. Klec musí být schválená dle platných předpisů FIA a každá trubka klece má vyražené sériové číslo z důvodu, aby nedocházelo k neodborným opravám takto důležitého bezpečnostního prvku vozu.

Použitý materiál klece známe pod označením ČSN 15130. Jedná se o chromomolybdenovou ocel, která má oproti standardní oceli při stejné tloušťce dvakrát větší pevnost. Problémem je svařitelnost, kdy nám norma udává, že je materiál podmíněně zaručeně svařitelný. V praxi to znamená, že zaručená svařitelnost je definována určitými faktory, které je třeba při svařování bezpodmínečně dodržet, aby měl svár zaručenou pevnost. Jedná se především o teploty předehřevu a způsobu ochlazování. Tyto faktory nám podrobně specifikuje norma ČSN 415130.

Vzhledem k důležitosti bezpečnostní klece a ke složitým technologickým požadavkům na její výrobu, podléhají bezpečnostní klece homologaci FIA. V případě že je vůz stavěn pouze pro národní podniky tak postačuje homologace ASN. Pro získání schválení od ASN musí však výrobce prokázat, že má dostatečnou kapacitu pro vývoj a výrobu bezpečnostních konstrukcí podle specifikací FIA. Výrobky, které jsou v souladu se schválenými normami, mohou zákazníkům dodávat pouze výrobci, uznaní ASN. Náš vůz měl při koupi již rám schválen dle platných norem FIA a tudíž může startovat i na mezinárodních podnicích.



Obr. 2.6 Ochranná klec Peugeotu 208 R2

V místech, kde by tělo nebo přilba posádky mohly přijít do styku s ochrannou klecí, je třeba jako ochranu použít nehořlavé obložení které také podléhá schválení dle FIA. Pro představu obložení znázorněné na Obr.2.7, je v cenové relaci od 1.500,- Kč.

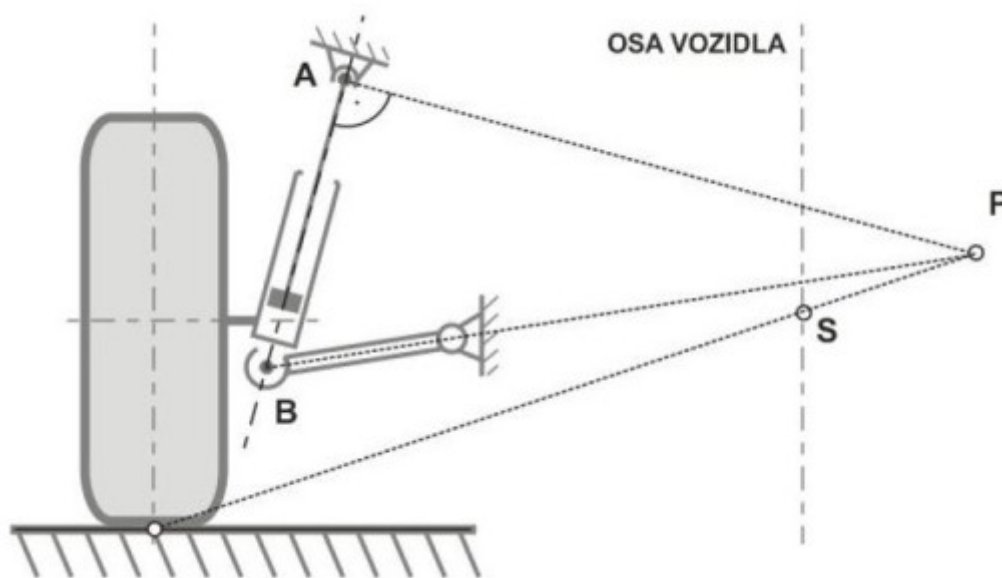


Obr. 2.7 Nehořlavé obložení (1)

## 2.5 Podvozek vozu Peugeot 208 R2

U závodních podvozků je v dnešní době kladen důraz zejména na funkčnost a výdrž jednotlivých dílů. Oproti podvozkům sériově vyráběných vozů kde se klade důraz na komfort posádky, je u závodních vozů kladen důraz zejména na přesnost řízení, stabilitu vozu v zatáčkách, při brzdění a komfort posádky jde stranou. Aby bylo řízení co nejpresnější a nejcitlivější, je nutné se zbavit veškerých uložení do silentbloků. V námi stavěném voze, je podvozek místo silentbloků uložen v unibalových ložiscích.

Přední náprava Mc Pherson je odvozená od lichoběžníkové nápravy, horní rameno je však nahrazeno posuvným vedením v podobě tlumiče. Pístnice je namáhána větším příčným zatížením, než u jiných typu náprav. Takovéto vedení vyžaduje mnohem tužší a pevnější konstrukci tlumiče. Spodní rameno je trojúhelníkové. Trojúhelník tvoří spodní rameno a těhlice. Osa tlumiče tvoří rejdovou osu kola (Obr.2.8 body A,B)



Obr. 2.8 Schéma přední nápravy Mc Pherson []

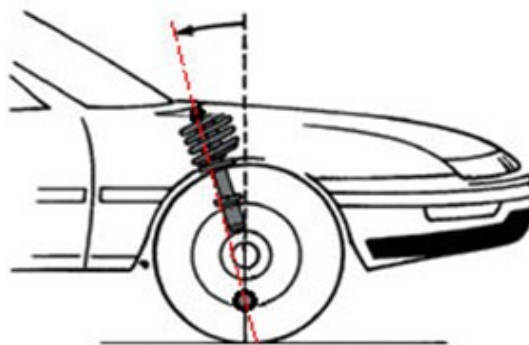
Zadní náprava je kliková s vlečenými rameny. Nápravou vede torzní tyč s nastavitelným předpětím pro větší tuhost. Tento typ je používán u většiny vozu střední třídy s předním náhonem.



Obr. 2.9 Kliková náprava s vlečenými rameny

### 2.5.1 Záklon rejdového čepu

Záklon rejdového čepu je průmět úhlu sevřeného rejdovou osou a svislicí rovnoběžné s podélnou rovinou vozidla. Rejdová osa protíná vozovku mírně před kontaktním bodem kola s vozovkou. Účelem záklonu rejdového čepu je somatické centrování kol (vrácení kol do přímého směru). To zjednodušuje řízení vozu a zlepšuje stabilitu v přímém směru jízdy.



Obr. 2.10 Schéma záklonu rejdového čepu []

### 2.5.2 Příklon kola

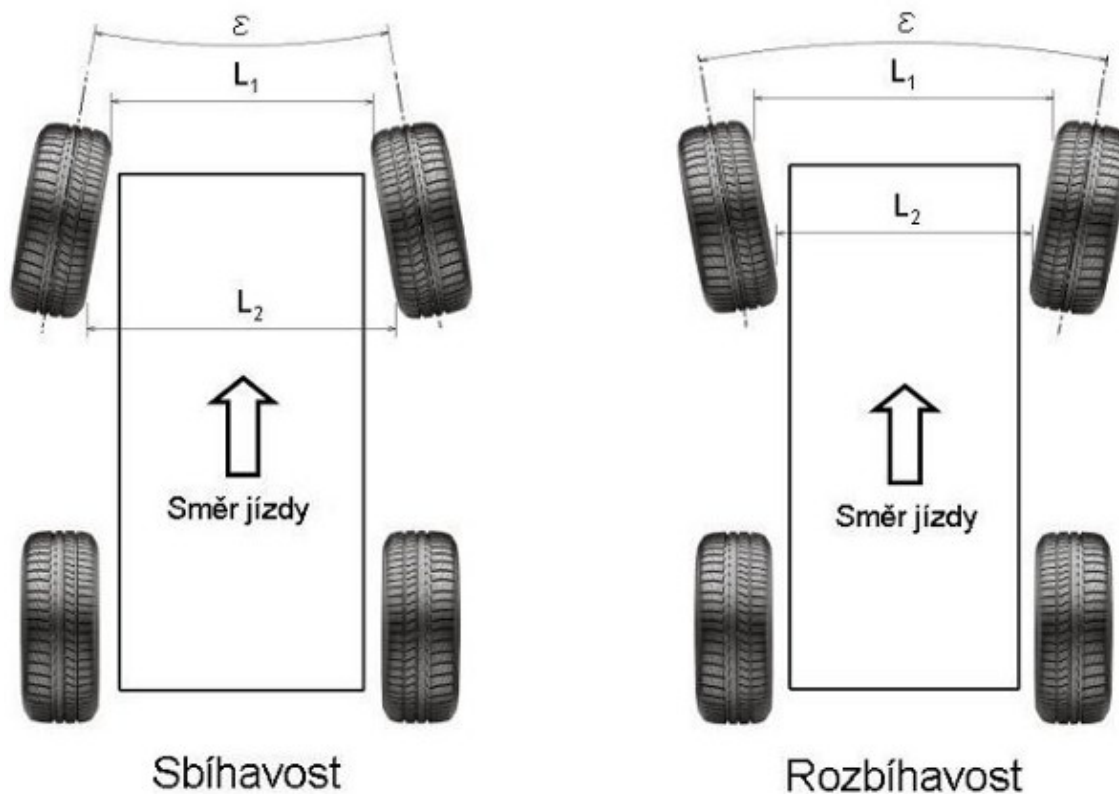
Příklon kola je definován jako sklon střední roviny kola vůči svislé ose vozidla. Nastavení odklonu kola má největší význam při průjezdu zatáčkou. Na vůz působí odstředivé síly, které tlačí vnější kolo směrem k zemi. Odklon nám zajišťuje, že při průjezdu zatáčkou bude v kontaktu s vozovkou větší plocha pneumatiky.



Obr. 2.11 Příklon kola []



### 2.5.3 Sbíhavost kol

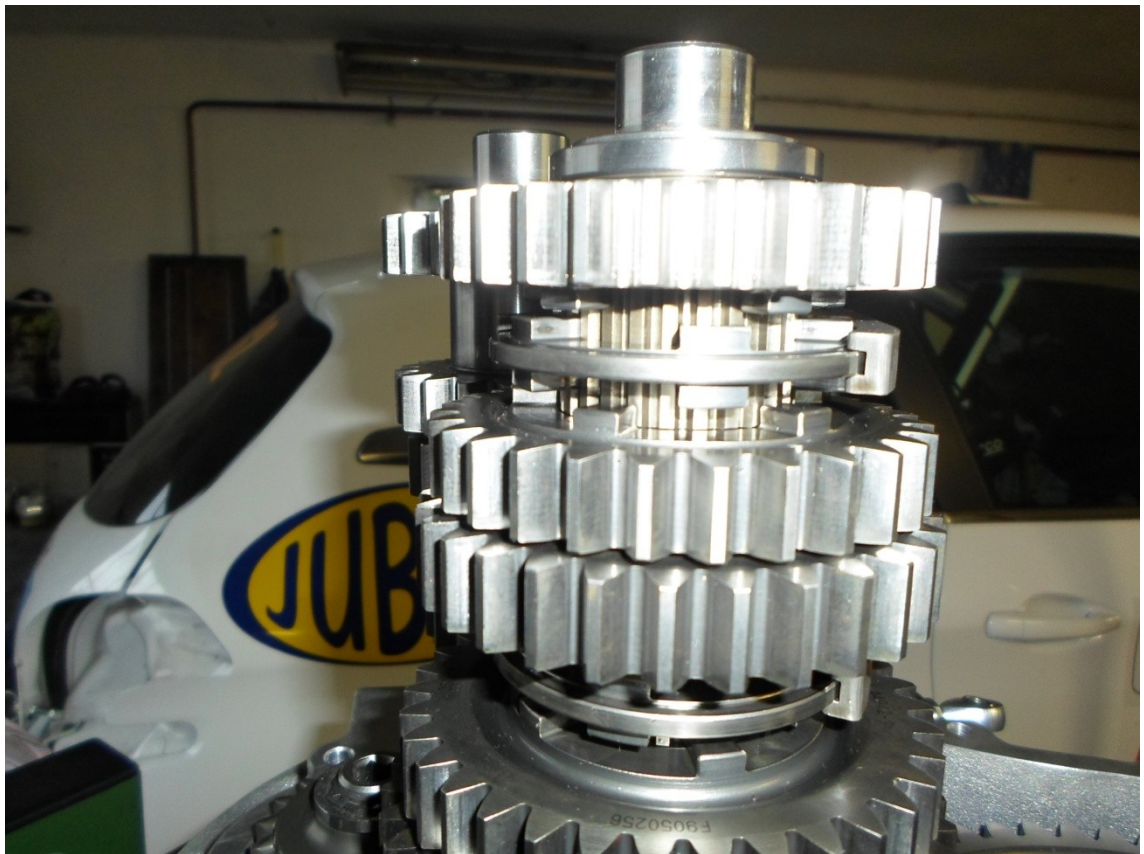


Obr. 2.12 Schéma sbíhavosti kol[]

Sbíhavost předních kol znamená, že kola jsou symetricky vychýlená z roviny rovnoběžné s osou vozu, a to buď směrem od sebe rozbíhavost, nebo směrem k sobě sbíhavost. Při sbíhavosti směřují kola vozu do jednoho bodu před vozem. Kola potom mají tendenci se při vychylce vracet a zůstat v původním směru. Rozbíhavost vozu zase způsobuje jízdní nestabilitu, například při přejezdu nerovností bude vůz táhnout na stranu. Pro minimální ztráty výkonu a opotřebení pneumatik při jízdě rovně by kola měla mít nulovou sbíhavost. Výsledkem dobře seřízené sbíhavosti je dobré držení stopy vozu v přímém směru.

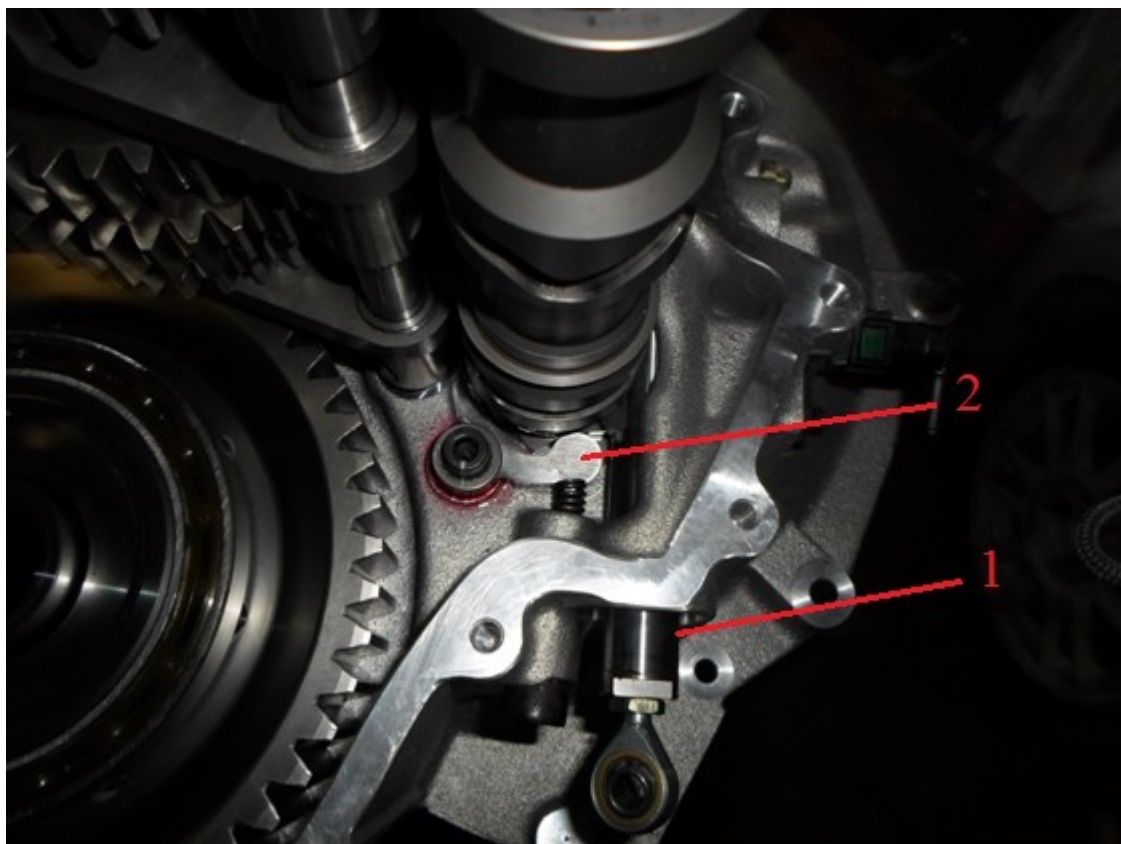
## 2.6 Převodová skříň

Vůz je dodáván s 5-ti stupňovou, sekvenční, převodovou skříní Sadev. Pojem sekvenční převodová skříň znamená že řazení se uskutečňuje pohybem řadicí páky směrem vpřed, nebo vzad což je nepodstatnějším rozdílem oproti klasické převodové skříní u které je schéma řazení ve tvaru H. H-řazení je podstatně pomalejší a méně přesné oproti sekvenčnímu řazení u kterého může být navíc řadicí páka za volantem, což také urychluje řazení vzhledem k tomu že při závodech musí mít řidič obě ruce na volantě a doba než sáhne rukou k středovému panelu, aby zařadil je podstatně delší než když sahá pouze za volant. Dalším rozdílem převodové skříně Sadev od běžné převodové skříně je systém řazení hewland. Systém hewland nepoužívá synchrony jako klasická převodová skříň, ale řadí se zde zubovými spojkami. Rychlostní stupně lze řadit bez použití spojkového pedálu což také podstatně urychluje proces řazení.



Obr. 2.13 Zubová spojka systému hewland

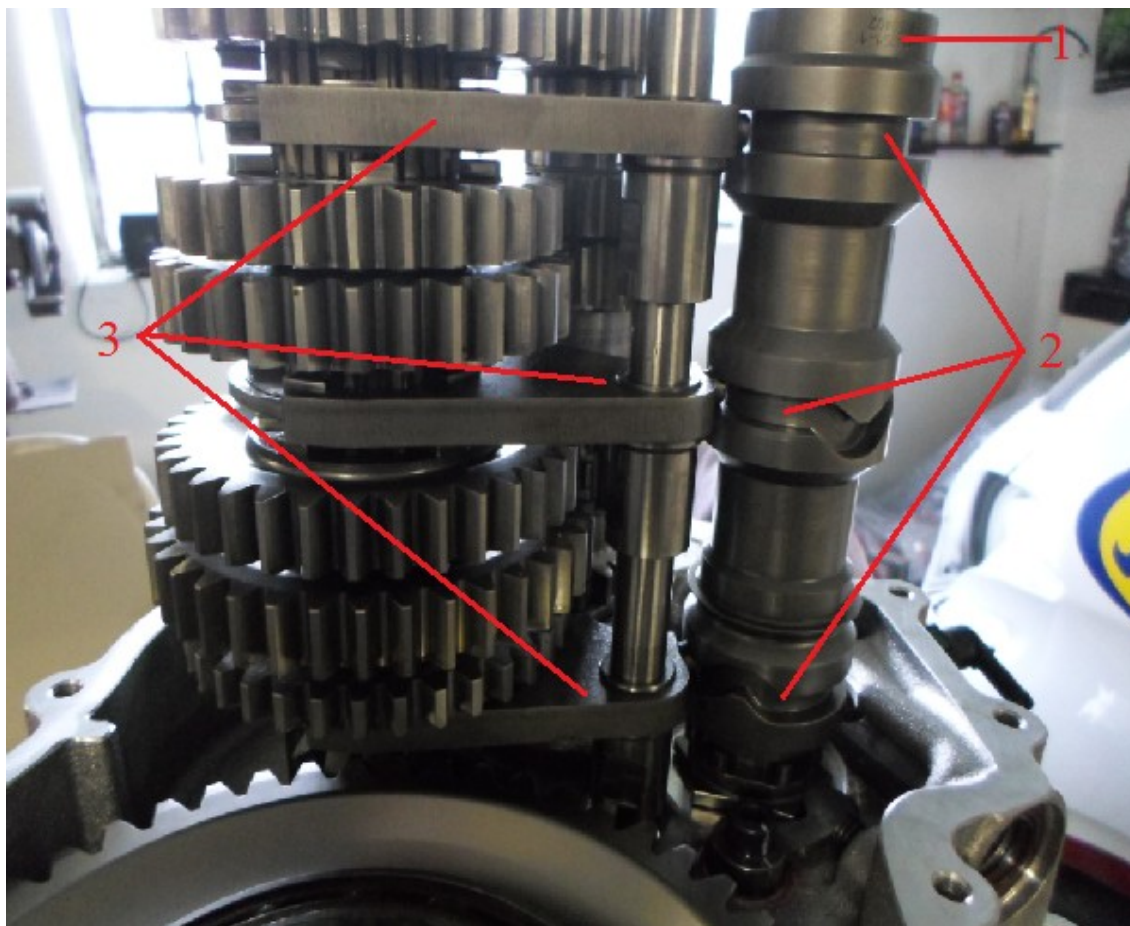
Řazení pomocí sekvence probíhá pomocí pohybu řadicí hřídele (Obr.2.14) vpřed nebo vzad, který je spojen přímo s řadicí pákou pomocí unibalových ložisek.



Obr. 2.14 Řadicí hřídel uložená v převodové skříni ( 1- řadicí hřídel, 2- aretační západka)

Řadicí hřídel je opatřena dvojitou západkou, která při pohybu vpřed či vzad otáčí řadicí kulisu (Obr. 2.15). Řadicí kulisa má při otáčení několik poloh, které drží ve správné pozici aretační západka (Obr. 2.14). V řadicí kulise jsou tři oběžné dráhy (Obr. 2.15), ve kterých chodí vodící čepy vidliček (Obr. 2.15). Vidličky jsou opatřeny drážkou která, zapadá do zubových spojek hewland systému.





Obr. 2.15 Převodové ústrojí (1- řadící kulisa, 2- oběžné dráhy na řadící kulise, 3- řadící vidličky)

Zejména z bezpečnostního hlediska je v převodové skříni umístěna aretace zpátečky a neutrálu. Rychlostní stupně jdou po sobě následovně: 5-4-3-2-1-N-R. Při odřazování rychlostních stupňů směrem dolů by mohlo dojít k vyřazení nebo zařazení zpátečky což by bylo nežádoucí. Aretace funguje na elektromagnetickém principu, kdy v normální poloze nelze zařadit neutrál nebo zpátečku neboť se aretační kolík opírá o řadící kulisu. Stisknutím tlačítka na řadící páce se sepne elektromagnet, který aretační kolík zvedne ze své polohy a je možné zařadit.

Aby mohlo probíhat řazení beze spojky plynule je v těle převodové skříně umístěn elektronický odpojovač. Ten funguje na mechanickém principu, kdy při řazení řadící hřídel sepne odpojovač a ten odpojí přes řídící jednotku motor od přívodu elektřiny. Motor potom není v záběru na dobu potřebnou k přeřazení. Odpojovač se nastavuje podle potřeby jezdce, pomocí podložek. Je-li jeho jízda agresivní a řazení rychle, volí se menší podložky a doba odpojení motoru se zkracuje. Naopak u jezdců s plynulým tempem řazení se volí podložky větších rozměrů. Podložky jsou odstupňovány po 0,2 5mm od 1 mm do 2 mm. V námi stavěném voze byla volena podložka 1,5 mm.



Obr. 2.16 Elektronický odpojovač

Aby se na LCD displeji zobrazovali zařazené rychlostní stupně, je v těle převodové skříně umístěn potenciometr kterým otáčí řadící kulisa. Při montáži je nutné potenciometr nastavit do správné polohy.



Obr. 2.17 Potenciometr

### 3 Návrh montážních postupů

Tato kapitola se bude zabývat návrhem montážního stojanu motoru a převodové skříně, dále zde budou popsány montážní postupy pro nastavení podvozku, jako jsou příklon kol, sbíhavost kol, záklon rejdového čepu a vyvážení vozu. Ve střední části budou popsány postupy vyrovnaní klikového hřídele, dynamické vyvážení klikového hřídele a setrvačníku motoru. Také zde bude popsán návrh přípravku pro určení přesnosti klikové skříně a budou vytvořeny technologické postupy montáže převodové skříně. V předposledním oddílu bude popsán postup montáže předního tlumiče. Závěr kapitoly se bude věnovat postupu odvodušnění a zajetí brzdového systému.

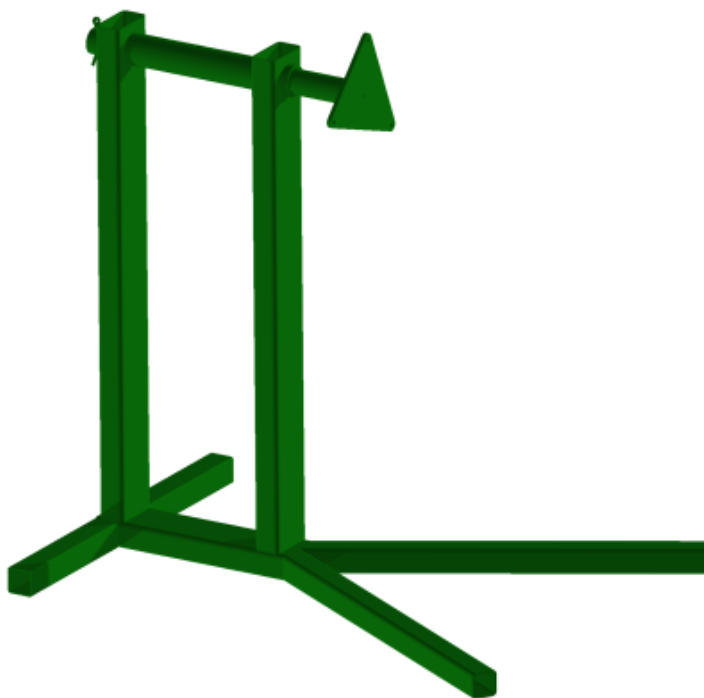
#### 3.1 Návrh montážního stojanu motoru

Při tréninkových jízdách na Rallye Vsetín došlo k poškození motoru a převodové skříně. Při zařazeném 3. Rychlostním stupni a 8300 otáčkách za minutu došlo ke stříhu šroubů na setrvačníku motoru. Následkem této poruchy došlo k devastaci spojky, převodové skříně a startéru. Při takovéto poruše bylo nutné demotovat klikovou hřídel a změřit její házivost popř. kliku vycentrovat a vyvážit. Pro tento úkon bylo třeba navrhnout montážní stojan pro snadné rozebrání a skládání motoru a převodové skříně.

Při návrhu montážního stojanu byl kladen důraz na jeho tuhost a stabilitu. Stojany, které jsou na našem trhu běžně k dostání, mají systém uchycení navržen univerzálně pro většinu motorů, avšak jejich tuhost a stabilita byla neuspokojivá. Dalším požadavkem na stojan bylo, aby měl dvě polohy, které by šly aretovat. První poloha sloužila pro demontáž horní strany motoru (hlavy, ventilů, pístů, ojnic) a druhá poloha byla o 180° otočená a sloužila pro demontáž klikového hřídele.



Obr. 3 Montážní stojan s upevněným blokem motoru



Obr. 3.1 Model montážního stojanu

Při navrhování montážního stojanu bylo nutné vzít v potaz ohybové napětí, které způsoboval zavěšený motor vozu na otočnou hřídel stojanu a určit bezpečnost. Motor o tíze 800N působil ohybový moment na rameni dlouhém 140mm. Rameno tvořila trubka o průměru 48,3mm a tloušťce stěny 2mm.

**Postup výpočtu:**

$$M_o = F \cdot S \quad M_o - \text{ohybový moment [Nmm]}$$

$$M_o = 800 \cdot 140 \quad F - \text{tíha motoru [N]}$$

$$M_o = 112000 \text{ Nmm} \quad S - \text{rameno [mm]}$$

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \quad W_o - \text{průřezový modul ohybu [mm}^3\text{]}$$

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{48,3^4 - 44,3^4}{48,3} \quad D - \text{vnější průmět trubky [mm]}$$

$$W_o = 3233,89 \text{ mm}^3 \quad d - \text{vnitřní průměr trubky [mm]}$$

$$\sigma_0 = \frac{M_o}{W_o} \quad \sigma_0 - \text{ohybové napětí [MPa]}$$

$$\sigma_0 = \frac{112000}{3233,89}$$

$$\sigma_0 = 34,6 \text{ MPa}$$

Jako materiál stojanu byla zvolena konstrukční ocel ČSN 11375, která má mez kluzu  $R_e = 180 \text{ MPa}$ .

$$K_s = \frac{R_e}{\sigma_0} \quad K_s - \text{statická bezpečnost [-]}$$

$$K_s = \frac{180}{34,6}$$

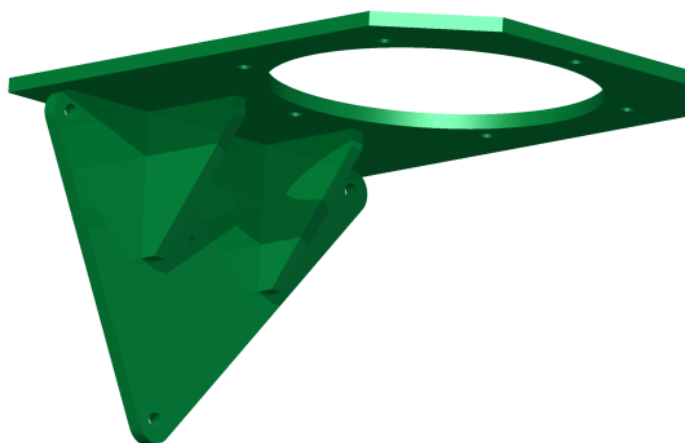
$$K_s = 5,2$$

Hodnota statické bezpečnosti 5,2 je plně vyhovující.



### 3.1.1 Návrh montážního stojanu převodové skříně

Při navrhování montážního stojanu převodové skříně se vycházelo z již zhotoveného montážního stojanu motoru, na který byl navržen adaptér pro snadné uchycení převodové skříně. Adaptér je uchycen na montážním stojanu pomocí třech šroubů o průměru 8mm. Vzhledem k podstatně nižší hmotnosti převodové skříně nebylo nutné provádět pevnostní výpočty.



Obr. 3.2 Model montážního adaptéru převodové skříně



Obr. 3.3 Montážní stojan motoru s adapterem a namontovanou částí převodové skříně

### 3.2 Postup montáže převodové skříně

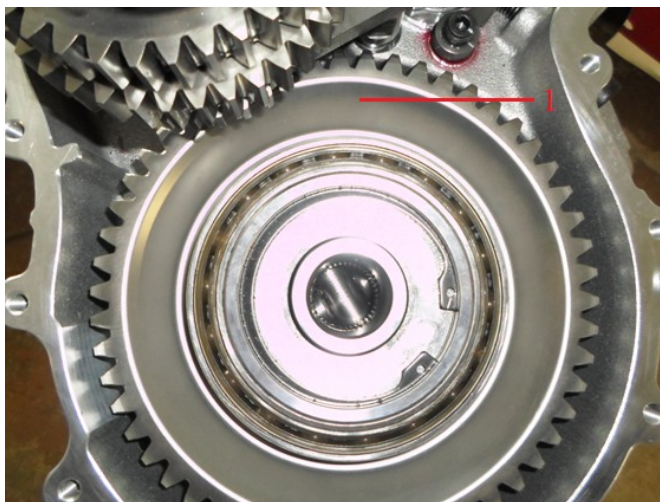
Montáž převodové skříně se provádí na montážním stojanu kdy je do stojanu upnut levý karter (tzn. ze strany od spojky) a do něj se skládá převodové ústrojí.

- Před umístěním karteru do stojanu se namontuje z vnější strany levého karteru spojkové ložisko (kluzné), které se uchytí pomocí třech imbusových šroubů M7x20. Šrouby přilepíme lepidlem Loctite 243.

Do důkladně očištěných a odmaštěných karteru je nutné nejprve usadit ložiska. Ložiska jsou uložena v karteru s předpětím, proto není vhodná montáž za studena. K docílení snížení předpětí je nutné ložisko ochladit a karter ohřát aby došlo k potřebné tepelné dilataci.

- Ložiska jsou vložena na půl hodiny do chladicího boxu, o teplotě  $-20^{\circ}\text{C}$ . Mezi tím je karter ohřát horkovzdušnou pistolí na teplotu kolem  $100^{\circ}\text{C}$ .
- Ložisko je montováno poklepem po vnějším kroužku, pomocí 4mm vyrážecí, rovnoměrně po celém obvodu.
- Tento postup je aplikován na všechny ložiska obou karteru.
- Diferenciál se spojí se stálým převodem pomocí osmi imbusových šroubů M10x20 a utáhne se na moment 41Nm.
- Diferenciál se stálým převodem se uloží do ložiska karteru (je vhodné diferenciál pro lepší montáž ochladit).

- Ložisko AB 12458-S03 se předehřeje na indukčním ohříváči a montuje se pomocí 4mm vyrážeče rovnoměrným poklepem po vnitřním kroužku ložiska.



Obr. 3.4 Stály převod (1) s umístěným ložiskem AB 12458-S03 a diferenciálem

- Kolo zpátečky montujeme do karteru s uloženým jehličkovým ložiskem uvnitř, šroubem M10x40. Šroub přilepíme lepidlem Loctite243.

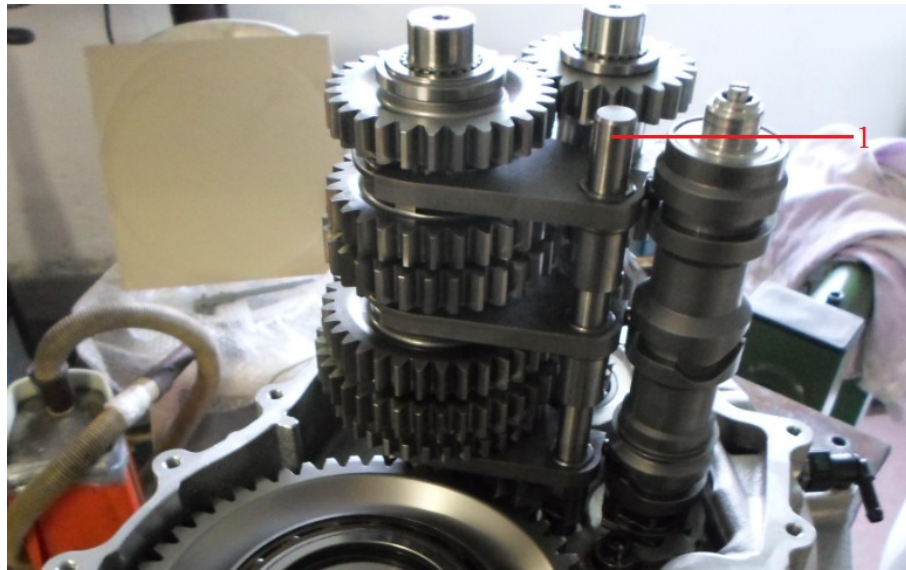


Obr. 3.5 Kolo zpátečky (1)

- Primární i sekundární hřídel převodové skříně se vloží i s veškerými ozubenými koly do karteru.
- Řadící vidličky umístíme do zubových spojek.
- Při vkládání řadící kulisy zároveň vložíme vodící čepy vidliček do oběžných drah kulisy.



- Skrz řadící vidličky protáhneme vodící hřídel vidliček a uložíme jí do kluzného pouzdra karteru.



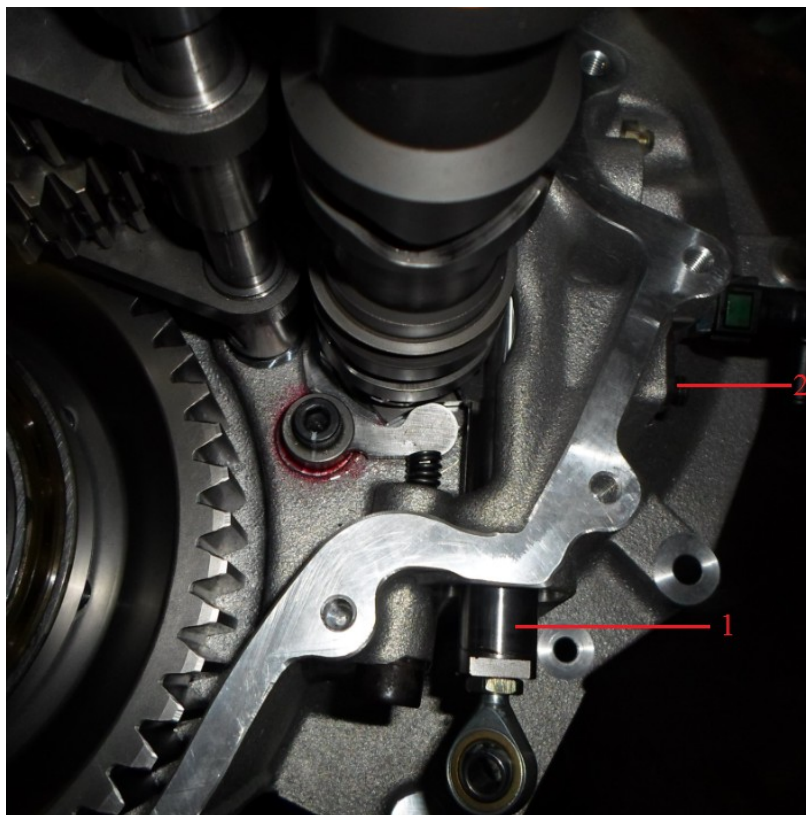
Obr. 3.6 Převodové ústrojí (1- vodící hřídel vidliček)

- Aretační západku upevníme do karteru imbusovým šroubem M6x10. Šroub se přilepí lepidlem Loctite243.
- Přítlačnou pružinu západky upevníme pomocí šroubu M10x15. Šroub se přilepí lepidlem Loctite 243.



Obr. 3.7 Aretační západka

- Do karteru se vloží řadící tyč (Obr. 3.8) s dvojitou západkou.
- Tyč se připevní pomocí šroubu M6 (Obr. 3.8) opatřeného přítlačnou pružinou s kulovým dotykem, který tlačí na dvojitou západku.



Obr. 3.8 (1-řadící tyč, 2-Šroub M6)

- Ověří se, zda jdou všechny rychlosti zařadit.
- Styčné plochy obou dvou karterů se odmastí a nanese se na ně těsnící tmel Loctite 518.
- Kartery se vycentrují vůči sobě pomocí třech středících kolíků.
- Oba dva kartery se spojí patnácti imbusovými šrouby M6. Je nutné dbát na to, aby ložisko AB 12458-S03 umístěné na stalém převodu přesně zapadlo do svého uložení.

### 3.3 Postup nastavení podvozku

#### 3.3.1 Nastavení záklonu rejdového čepu přední nápravy

Odklon rejdového čepu je předepsán dle homologačního listu a stanovuje se pomocí délky těhlice.

- Těhlice se spojí se spodním ramenem šroubem M12x60 a dotáhne se momentovým klíčem na moment 72 Nm.
- Unibalové oko těhlice je o 4° vyosené. Oko nastavíme vyosením směrem dolů.
- Rozteč středů děr těhlice nastavíme na hodnotu 424mm a zakontrujeme maticí M16 pomocí 24mm plochého klíče.



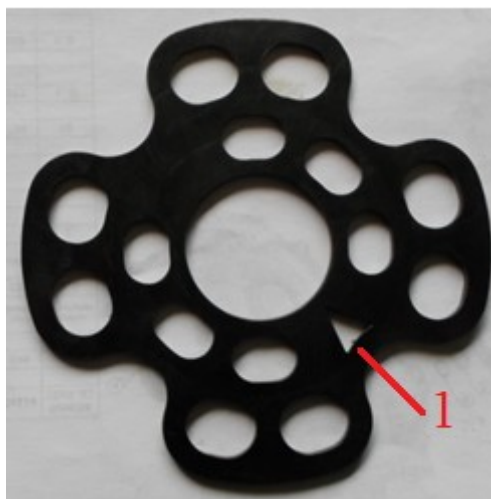
Obr. 3.9 Těhlice spojená se spodním ramenem.

### 3.3.2 Nastavení příklonu kol přední a zadní nápravy

Při nastavování příklonu kol se vycházelo ze zkušeností jezdce. Příklony závisí na jezdeckém stylu, je-li styl jízdy v zatáčkách agresivní a jezdec se snaží zatáčku projet na hranici přilnavosti gum, volí se příklony vyšší. U jezdců s plynulým stylem jízdy se volí příklony nižší. Pro nastavení příklonu se používají příklonové podložky (Obr. 3.10) které jsou montovány na tlumič u přední nápravy a u zadní nápravy jsou montovány před náboj kola.



Obr. 3.10 Příklonová podložka přední nápravy



Obr. 3.10 Příklonová podložka zadní nápravy (1-směrová šipka)



Příklonová podložka přední nápravy má v sadě 7 druhů podložek, které určují velikost příklonu kola, podložky je možné montovat na sebe a tím měnit hodnotu úhlu příklonu. Zadní příklonové podložky jsou zbroušeny ve dvou rovinách a slouží jak k nastavení příklonu, tak k nastavení sbíhavosti kol. Při montáži podložek je nutné nastavit podložku správně, tzn., že přední podložku umístíme na tlumiči zřetelným výstupkem (Obr. 3.11) směrem nahoru. Montujeme-li na tlumič podložek více, vždy musíme dát výstupky proti sobě (Obr. 3.11).



Obr. 3.11 Namontované příklonné podložky (1)

Při montáži příklonové podložky zadní nápravy musí být vždy podložka montována tak aby směrová šipka mířila směrem nahoru.

Námi zvolené hodnoty příklonů byly pro přední nápravu  $2^{\circ}20'$  a pro zadní nápravu  $1^{\circ}30'$ .

### 3.3.3 Postup měření sbíhavosti kol

Při měření sbíhavosti kol byl použit měřicí přípravek, jedna se v podstatě o velké posuvné měřítko, které mělo na jedné straně hrot a na druhé straně číselníkový úchylkoměr.

- Vůz ustavíme na rovno plochu.
- Volant, potažmo přední kola se nastaví rovně (rovnoběžně s podélnou osou vozu).
- Vůz se potlačí o jednu otáčku kol směrem vpřed a zpět, aby se odstranilo možné pnutí pneumatiky vůči zemi.
- Ramena přípravku se přiloží k ráfkům vozu, tak aby se hrot přípravku a číselníkový úchylkoměr dotýkal ráfků kol ve výšce středů nábojů.
- Číselníkový úchylkoměr nastavíme na nulovou hodnotu.
- Na ráfcích se poznačí body dotyku.
- Vůz se posune ve směru jízdy tak, aby se kola otočila přesně o 180°.
- V této poloze se na číselníkovém úchylkoměru odečte odchylka.
- Není-li odchylka v požadovaných mezích je nutné seřadit sbíhavost kol.

### 3.3.4 Postup seřízení sbíhavosti kol

Sbíhavost se seřizuje změnou délky řídících tyčí otáčením na závitech čepů.

- Volant, potažmo přední kola se nastaví rovně (rovnoběžně s podélnou osou vozu).
- Povolí se spojovací matice tyče řízení a otáčí se šestihranem čepu kulového kloubu, až se dosáhne požadované hodnoty.
- Spojovací matice se dotáhne.
- Postup se opakuje na druhé straně řízení u druhého kola.
- Je nutné dbát na to, že odchylka byla měřená celková, tudíž se na jedné straně nastavuje pouze polovina celkové odchylky. Při nedodržení tohoto pravidla bude sbíhavost seřizená správně avšak volant bude pootočen.

### 3.3.5 Postup vyvážení vozu

Vyvážení vozu je velice důležité proto, aby byl vůz stabilní. Přesné rozložení váhy vozu na kola je základem pro nastavení podvozku, které určuje celkové rozložení statických i dynamických sil působících na vůz. Vyvážení vozu se provádí bez posádky.

- Při vyvažování vozu se nejprve musí vůz postavit na předepsanou výšku danou homologačním listem. Ta udává rozměr mezi středem náboje kola a bodem blatníku (Obr. 3.12). Střed kola a bod blatníku vytváří rovinu Kolmou k vodorovné rovině vozu. Výška vozu je předepsaná na 296mm.



Obr. 3.12 Rozměr výšky vozu, předepsán homologačním listem

- Výška vozu se nastavuje na stavěcí matici tlumiče (Obr. 3.13). Na matici se povolí aretační šroub pomocí 5mm imbusového klíče.
- Stavěcí matice se nastaví do požadované polohy pomocí hákového klíče na tlumiče.
- Tento postup se opakuje u všech tlumičů.



Obr. 3.13 Tlumič vozu (1- stavěcí matice)

- Vůz se postaví na automobilové nápravové váhy (každá váha je pod jedním kolem) a určí se rozdíl vah mezi koly na přední nápravě a rozdíl vah mezi koly na zadní nápravě.
- Pro nastavování je vhodné si určit, kolik kilogramů reprezentuje jedno otočení matice. Po změření bylo určeno, že půl otáčky matice reprezentuje jeden kilogram. Míra není zcela přesná, avšak pro orientaci postačí.
- Naměřené hodnoty udávají 352 Kg na předním levém kole a 388 kg na předním pravém kole. Zadní kola mají hodnoty 158 levé zadní kolo a 132 pravé zadní kolo.
- Nejprve se kola vyváží úhlopříčně. Pravé přední kolo se spustí o 13 otáček (26 Kg) levé zadní také o 13 otáček (26 Kg).
- Naměřený rozdíl nyní činí na přední nápravě 10 Kg a na zadní 7Kg.
- Pravé přední kolo se přizvedne o 2,5 otáčky (5Kg), čímž se i více zatíží levé zadní kolo.
- Nyní je hodnota stanovena na přední nápravě rozdílem 5Kg a na zadní 4Kg.
- Aretační šrouby na stavěcích maticích se dotáhnou pomocí 5mm imbusového klíče.
- Při nastavování je nutné dbát na dodržení předepsané výšky vozu, proto se kola musí vyvažovat úhlopříčně a také nápravově. Nastavování je vždy kompromisem mezi ideálním vyvážením a předepsanou výškou vozu. Dosažené hodnoty rozdílu vah jsou velice uspokojivé.



### 3.4 Postup montáže předního tlumiče s pružinou



Obr. 3.14 Přední tlumič



Obr. 3.15 Přední tlumič (1-  
kluzné pouzdro)

- Na tlumič se nasadí kluzné pouzdro, jemným poklepem pomocí měděné kulatiny.



Obr. 3.16 Spodní tělo pružiny  
s kluzným pouzdem

- Na spodní tělo pružiny se nasadí kluzné pouzdro, jemným poklepem pomocí měděné kulatiny.



Obr. 3.17 Přední tlumič se  
spodním tělem pružení

- Na tlumič se nasune spodní tělo pružení.



Obr. 3.18 Upevnění spodního  
těla pružiny

- Spodní tělo pružení se upevní pomocí osmi imbusových šroubů M6 x 15.



Obr. 3.19 Vzduchový filtr

- Na spodní tělo pružení se našroubuje vzduchový filtr.



- Na tlumič se našroubuje stavěcí matice a nasadí pružina.

Obr. 3.20 Tlumič s pružinou



- Na plastické tělo tlumiče se nasadí prověsná pružina.

Obr. 3.21 Plastické tělo s prověsnou pružinou



- Na plastické tělo s prověsnou pružinou se nasadí krytka, která se upevní pomocí pojistného kroužku

Obr. 3.22 Zkompletované plastické tělo



Obr. 3.23 Tlumič s pružinou a plastickým tělem

- Na tlumič se vloží zkompletované plastické tělo s prověsnou pružinou.



Obr. 3.24 Kloubové ložisko

- Na horní stranu tlumiče se nasadí kloubové ložisko. Ložisko se nasadí jemným poklepem po vnitřním kroužku pomocí 2mm průbojníku.

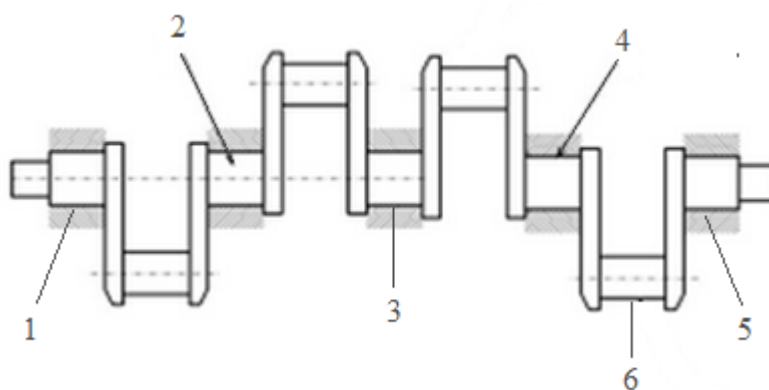


Obr. 3.25 Zkompletovaný tlumič s pružinou

- Na spodní tělo pružení se namontují příklonové podložky a úchyt na náboj kola pomocí čtyř imbusových šroubů M6x20.

### 3.5 Postup srovnání klikového hřídele

Kliková hřídel u čtyřválcového motoru má vždy 5 hlavních osových čepů a čtyři ojniční čepy. Házivot se měří na hlavních osových čepích (Obr 3.26), které jsou uloženy v klikové skříní. Prohnutou hřídel je možné napravit narovnáním pomocí silného lisu. Hřídel není dokonale plastická, proto je nutné ji prohnout do záporných hodnot, z kterých se vlivem elastické deformace vrátí. Hodnota prohnutí není tabulkově dána a tudíž závisí na zkušenostech mechanika. Házivost klikové hřídele musí být na každém osovém čepu maximálně 0,02mm, ideálně 0mm jinak se klikový hřídel v klikové skříní nebude točit volně a dojde ke ztrátám na výkonu motoru.



Obr. 3.26 Kliková hřídel (1-5. Hlavní osový čep, 6. Ojniční čep)

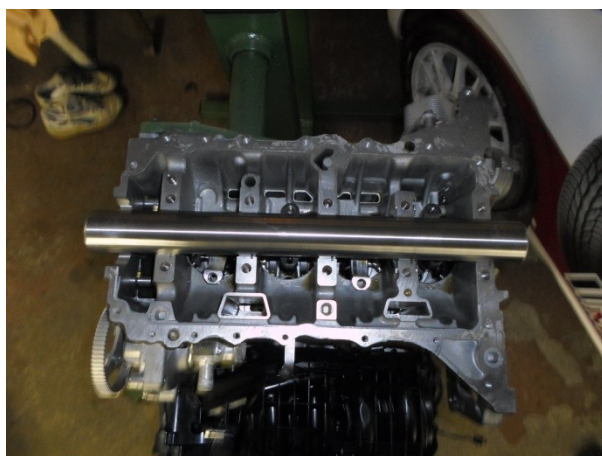
- Na rovné kovové desce se uloží klikový hřídel na prizmata v bodech 3,5 viz. Obr....
- K bodu 4 (Obr. 3.26 ) přiložíme číselníkový úchylkoměr uchycený na magnetickém stojanu.
- Otočením klikového hřídele se určí velikost házivosti na klikovém čepu.
- Velikost házivosti udává hodnotu 0,15mm, proto je nutné hřídel v bodě 4 (Obr. 3.26 ) vyrovnat pod hydraulickým lisem.
- Na prizmata se vloží měděné vložky, aby při lisování nedošlo k poškození hřídele.

- Kovová deska s prizmaty a klikovým hřídelem se vloží pod lis a přiloží se číselníkový úchylkoměr.
- V místě kde je hodnota házivosti největší se tlačí lisem na klikový čep.
- Na číselníkovém úchylkoměru se odečítá hodnota prohnutí hřídele.
- První hodnotu byla zvolena 0,19mm.
- Hřídel se uloží na prizmata bez měděných vložek a změří se velikost házivosti pomocí číselníkového úchylkoměru.
- Není-li velikost házivosti v předepsané toleranci, postup se opakuje.
- Velikost prohnutí pod lisem se volí 1,05 až 1,3 \* velikost házivosti.
- Nyní jsou body 3,4,5 (Obr. 3.26) vyrovnány.
- V bodech 3 a 1 (Obr. 3.26) se uloží klikový hřídel na prizmata a postup rovnání se opakuje.
- Hodnota házivosti, na klikovém čepu byla 0,07mm.
- První hodnota prohnutí hřídele byla zvolena 0,85mm.
- Po srovnání klikového čepu v bodě 2 (Obr. 3.26) by měla být kliková hřídel vyrovnána.
- Pro kontrolu se uloží klikový hřídel na prizmata v bodech 1 a 5 (Obr. 3.26 ) a změří se velikost házivosti v bodech 2,3 a 4 (Obr. 3.26)
- Velikost házivosti vyhovuje.

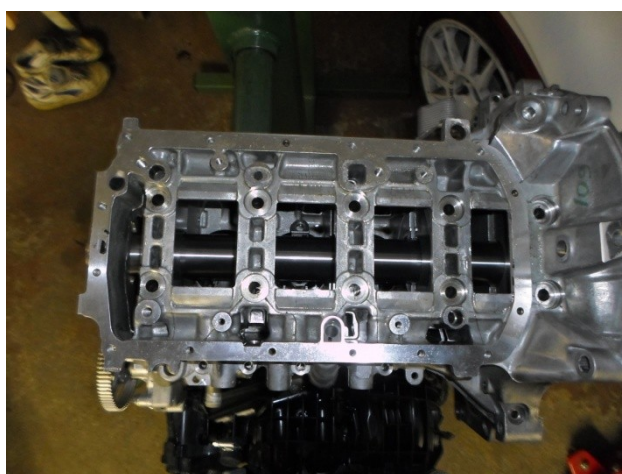


### 3.6 Návrh přípravku pro určení přesnosti klikové skříně

Při rozvážení klikového hřídele mohlo dojít také ke zkřivení jednotlivých uložení pro klikovou hřídel v klikové skříně. Pro zjištění, zda jsou uložení pro klikovou hřídel v klikové skříně v jedné ose, byl navrhnut měřicí trn. Jedná se o hřídel o průměru 45mm, která byla obráběná s přesností 0,02mm Drsnost byla zvolena  $Ra=0,6$ . Přesnost hřídele odpovídá horní mezi ideálně vyváženého klikového hřídele. Měřicí trn v podstatě plní funkci kalibru. Trn byl namontován do klikové skříně stejným technologickým postupem jako by byla instalována samotná kliková hřídel. Po montáži se měřicí trn v klikové skříně otáčel volně bez známek drhnutí nebo příliš velkého odporu. To znamená, že vyvážený klikový hřídel se bude v klikové skříně otáčet také volně, z čehož se dá usoudit, že uložení klikového hřídele je přesné.



Obr. 3.27 Měřicí trn



Obr. 3.28 Namontovány měřicí trn

### 3.7 Dynamické vyvážení klikové hřídele a setrvačníku motoru

Je-li kliková hřídel vyrovnána, je nutné ji také dynamicky vyvážit. Kdyby se tak neučinilo, vznikali by v motoru vibrace, které by snižovali životnost motoru (především klikových ložisek) a také by se odráželi na celkovém výkonu motoru.

Dynamickým vyvážením se v podstatě snaží docílit odstranění veškerých přídavných setrvačných sil a momentů, které vznikají v případě, že osa rotace není totožná s hlavní osou setrvačnosti. Vyvažování se provádí vždy za rotace. K vyvažování je potřeba mít speciální vyvažovací stroje, které určí kolik materiálu a ve kterém místě ubrat. Ubírání materiálu k docílení dynamického vyvážení probíhá pomocí broušení, nebo odvrtávání.

Dynamické vyvážení bylo rozděleno do tří operací:

- Nejprve byl na automatickém vyvažovacím stroji přesně vyvážen klikový hřídel.
- Setrvačník je také součástí motoru, která má poměrně velkou hmotnost, ze které by mohli vznikat nežádané setrvačné síly a momenty. Proto bylo jeho vyvážení na automatickém vyvažovacím stroji nezbytné.
- Aby se dospělo k co nejdokonalejšímu vyvážení, setrvačník s klikovou hřídelí, byl smontován a dynamicky vyvážen jako jeden celek.

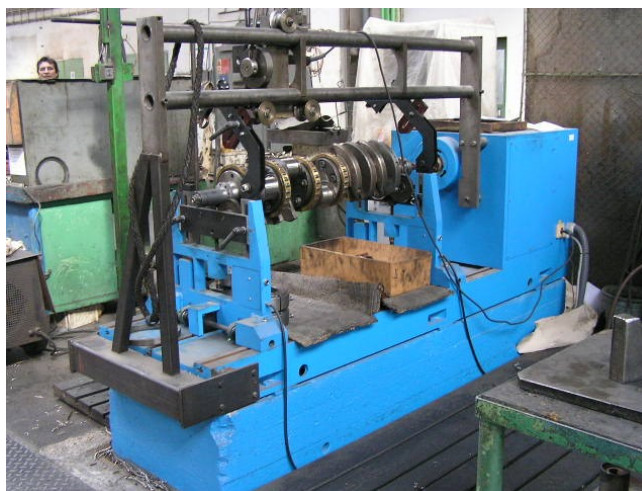


Obr. 3.29 Kliková hřídel



Obr. 3.30 Setrvačník motoru

K dynamickému vyvážení klikového hřídele nebyli v naší montážní dílně potřebné stroje. Vyvážení bylo provedeno v dílnách firmy Tatra a.s.



Obr. 3.31 Vyvažovačka klikových hřídelí

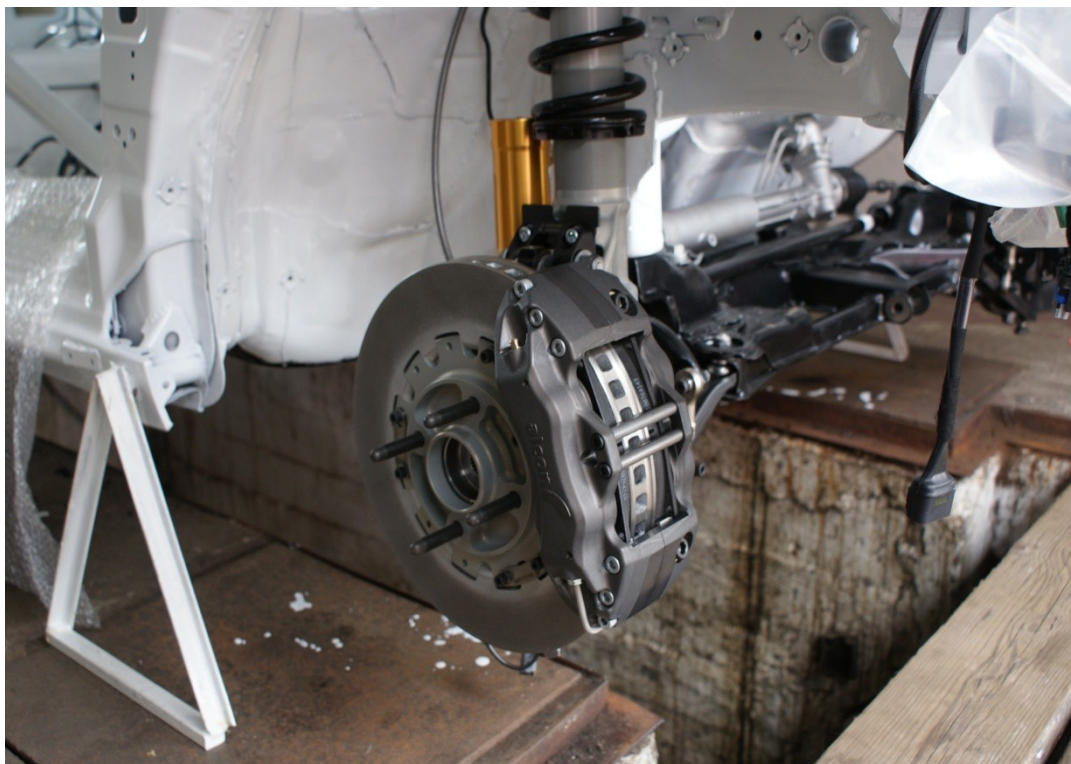
### 3.8 Postup odvzdušnění brzdového systému

Odvzdušnění brzdového systému musí provádět dvě osoby

- Jedna osoba sedící na sedadle řidiče
  - Jedna osoba odebírající kapalinu z brzdového třmenu
- 
- Před samotným odvzdušněním brzd je nutné vůz postavit na montážní stojany, tak aby byl ve vodorovné poloze.
  - Z vozu se demontují kola pro lepší přístup k odvzdušňovacím šroubům
  - Okolí odvzdušňovacích šroubů se očistí, aby se do systému nedostaly nečistoty, a sejme se pryžová krycí čepička.
  - Odvzdušňovací šrouby se povolují vždy očkovým klíčem.
  - Do zásobní nádobky se doplní brzdová kapalina doporučené klasifikace DOT 5, až po značku MAX.
  - Hladina brzdové kapaliny musí být hlídána, aby nedošlo k nasání vzduchu přes zásobní nádobku, což by způsobilo opětovné zavzdušnění systému.
  - Na odvzdušňovací šroub se nasadí průhledná hadička, její druhý konec bude ústít do nádoby sloužící pro zachycení brzdové kapaliny.
  - Osoba sedící na místě řidiče několikrát sešlápne brzdový pedál a při poslední sešlápnutí jej přidrží, aby v brzdovém systému vzniknul potřebný tlak.
  - Odvzdušňovací šroub se povolí a tlak v systému poklesne.
  - Jakmile se pedál propadne až k zemi, odvzdušňovací šroub se dotáhne.
  - Nyní osoba sedící na sedadle řidiče opět několikrát sešlápne pedál a přidrží jej. Ze systému se bude uvolňovat brzdová kapalina spolu s bublinkami vzduchu.
  - Tento postup je nutné opakovat tak dlouho, dokud ze systému nebude unikat pouze kapalina bez bublinek vzduchu. Pedál bude postupně tvrdnout.
  - Při sešlapávání pedálu se nesmí spěchat. Několikavteřinová prodleva mezi sešlápnutími umožní brzdové kapalině zaplnit všechny brzdové kanálky v hlavním válci



- Pokud vytéká čistá brzdová kapalina bez bublin, může se definitivně dotáhnout odvzdušňovací šroub. Vytáhne se hadička, očistí se okolí odvzdušňovacího šroubu a nasadí se krycí čepička.
- Stejný způsob se bude aplikovat i na ostatní kola.
- Po odvzdušnění se opakovaným sešlápnutím brzdového pedálu zkontroluje jeho chod. Pedál nesmí být pružný a nesmí se propadat směrem k podlaze (to by naznačovalo, že se v systému stále vyskytují vzduchové bublinky).
- Při odvzdušňování brzd se musí klást důraz na to, aby byla všechna kapalina odváděná do sběrné nádoby. Brzdící kapalina je mastná a při potřísnění brzdových destiček by vlivem jejich pórovitosti došlo k nasátí brzdové kapaliny a celkovému znehodnocení destiček.



Obr. 3.32 Vůz postaven na montážním stojanu při odvzdušňování brzd

### 3.9 zajetí brzdového systému

Brzdové kotouče jsou odlévány při teplotě okolo 1350°C do pískových forem a poté se rychle ochladí. Následkem čehož nedojde k uvolnění zbytkových napětí v materiálu. Z tohoto důvodu je nutné, aby se při zajíždění brzd brzdilo pozvolně. Pozvolným prohříváním kotoučů se nahromaděné napětí uvolní. Při prudkém zahřívání kotoučů v průběhu zajíždění, by mohlo dojít k tvorbě mikrotrhlin.

Třecí plochy brzdových destiček a kotoučů nejsou nikdy zcela rovné a proto při prvním kontaktu brzdových destiček s kotoučem je styčná plocha velice malá oproti již zajetým brzdám. Tato malá třecí plocha se velice rychle přehřívá a dochází k narušení povrchu materiálu kotouče.

V průběhu brzdění se z materiálu brzdových destiček nanáší na kotouč nepatrný film, který je důležitý pro zajištění maximálního třecího koeficientu. Při přílišném zahřívání brzd v průběhu zajíždění dochází k tvorbě nerovnoměrného filmového povlaku na povrchu kotouče. Vlivem takto rozmístěného povlaku může docházet k většímu zahřívání kotouče v místech bez filmu. Následkem může být zvlnění kotouče a menší tepelná odolnost.

Z výše uvedených důvodů je pro ideální funkčnost brzdového systému nutné, aby byly dodrženy základní zásady pro zajetí brzd.



### 3.9.1 Postup pro zajištění brzdového systému

- Než začneme brzdový systém zajišťovat, je nutné nastavit dělič brzdné síly do polohy kdy je brzdná účinnost na přední a zadní nápravě v poměru 60/40. Na LCD displeji za volantem spustíme montážní mód. Ten slouží právě pro montáž brzdového systému. Šroubováním brzdového děliče se nám zobrazuje na displeji poměr brzdných sil na nápravách. Montážní mód nám také zobrazuje teplotu brzdových kotoučů.
- Při zajištění brzdíme zhruba padesátkrát.
- Nejdříve brzdíme z menších rychlostí (60 km/h na 30 km/h) asi 20x.
- Dále brzdíme při větších rychlostech (130 km/h na 70km/h) asi 20x.
- V poslední fázi brzdění brzdíme ze 130 km/h do zastavení asi 10x.
- Na závěr jedeme střední rychlostí asi 3km bez brzdění aby se brzdový systém ochladil.
- Brzdění musí být plynulé (nesmíme brzdit prudce).
- Nikdy nebrzdíme a zároveň nemáme sešlápnutý plynový pedál.
- Teplota předních kotoučů znázorněná na LCD displeji nesmí překročit teplotu 550°C. V případě že se tak stane, brzdíme pouze ruční brzdou do doby, než teplota klesne.
- Vůz postavíme na montážní stojany a sundáme kola
- Studené brzdové kotouče mechanicky zabrousíme na brzdných plochách pomocí jemného smirkového papíru.

#### 4 Závěrečné zhodnocení montážních prací

Celková montáž vozu Peugeot 208 R2 probíhala pomocí pětičlenného týmu. O montážní práce se starala trojice mechaniků, kteří již měli zkušenosti s montáží závodních vozů. Majitel vozu zajišťoval montážní práce, pro které nebylo v dílně vhodné vybavení a mechanici je nebyli schopni provést, jako například lakování skeletu vozu, instalace bezpečnostních folií do oken, nebo dynamické vyvážení klikové hřídele. O kontakt s firmou Peugeot sport, která byla prodejcem stavebnice vozu a posléze zajišťovala náhradní díly, se starala manažerka teamu, která také zajišťovala veškerou administrativu.

Samotná montáž vozu probíhala pouze v odpoledních hodinách, kdy již mechanici nebyli ve svých zaměstnáních. Nejdelší časovou prodlevou při montáži bylo čekání na nalakování skeletu vozu, které trvalo bezmála dva týdny. Po dodání nalakovaného skeletu zabrali montážní práce přibližně ještě jeden měsíc.

Výhodou při montáži byl systém dodání montážního materiálu, kdy byly veškeré díly včetně spojovacích materiálu, dodány s identifikačním štítkem. K jednotlivým montážním úsekům byly na webových stránkách [www.peugeotsport-store.com](http://www.peugeotsport-store.com) dostupné jednoduché trojrozměrné modely, které měli odkazové šipky s čísly. V kusovníku daného modelu byly potom k číslům přiřazeny názvy součástí a jejich identifikační čísla. Menší součásti a spojovací materiál byli dodávány v plastových pytlících. Vzhledem k veliké spoustě montážního materiálu ( asi 1500 pytlíků), zabralo celkové přebrání a následné rozdělení vozu na jednotlivé montážní oddíly asi 30 hodin.

Celková montáž vozu probíhala velice rychle bez větších problémů. Veškeré díly vozu rozměrově přesně odpovídali a nebyla nutnost nic upravovat z hlediska nepřesnosti výroby.

Větším problémem, který zastavil vývoj vozu na delší dobu, byla porucha, která se stala při tréninkových jízdách na Rallye Vsetín, kdy došlo ke stříhu šroubů na setrvačniku motoru a následné devastaci motoru. Zejména spojky převodové skříně, startéru motoru a poškození klikové hřídele. Proces reklamace trval několik měsíců, kdy vývoj vozu ustrnul na mrtvém bodě. Bohužel reklamace nebyla uznána v plném rozsahu a bylo nutné některé díly repasovat. Repase dílů byla časově náročnější než samotná stavba vozu.

## **Závěr**

Cílem této diplomové práce byl popis montáže závodního vozu Peugeot 208 R2. Úvodní část práce se věnuje popisu orgánů činných v oblasti motorsportu, jejich technickými předpisy a zákony které určují, jak sportovní vůz vzniká. Dále zde byl popsán postup vzniku sportovního vozu a úkony k tomu potřebné. V závěru první kapitoly byly popsány jednotlivé třídy vozů a jejich technické specifikace.

V následující kapitole byly popsány jednotlivé části vozu a jejich technické parametry. Pro zřehlednění montážních postupů byla popsána geometrie vozu a princip funkce převodové skříně.

Ve třetí kapitole byl vytvořen návrh montážního stojanu na motor a adaptéru pro montáž převodové skříně. Stojan i adaptér byly následně vyrobeny. Navržený adaptér spolu s montážním stojanem byl využit při repasi převodové skříně, jejíž technologický postup montáže je v této kapitole popsán. Pro zjištění přesného uložení klikové hřídele v klikové skříně byl navržen měřicí trn, který byl také následně vyroben a užit v praxi. Dále byly navrženy montážní postupy vyrovnání klikového hřídele, dynamické vyvážení klikového hřídele a setrvačníku motoru. Část této kapitoly se věnovala podvozku vozu, kde byly vytvořeny technologické postupy montáže pro příklon kol, sbíhavost kol, záklon rejdového čepu a vyvážení vozu. K podvozku vozu se také vztahoval technologický postup montáže předního tlumiče s pružinou. Závěr kapitoly se věnoval technologickým postupům zajetí brzdového systému a od vzdušnění brzd.

Závěrečná část práce se vztahovala k popisu dodání montážního materiálu a celkovému zhodnocení montážních prací z časového hlediska.

**Poděkování**

Děkuji tímto Ing. Et Ing. Mgr. Janě Petřů, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování této diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat celému závodnímu teamu za to, že mne zapojili do projektu montáže vozu a mohl jsem s nimi spolupracovat.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- <http://www.autorevue.cz/peugeot-208-r2-rally-pro-zacinajici-zavodniky>
- <http://www.topspeed.com/cars/peugeot/2012-peugeot-208-r2-rally-car-ar129181.html#main>
- <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crankshaft-diagram.png>
- <file:///C:/Users/OEMNB5/Downloads/ramy.pdf>
- <http://www.fia.com/2013-fia-world-rally-championship-0>
- <http://www.mjauto.cz/zajizdeni-brzdovych-desticek-a-kotoucu>
- <http://www.mopas.cz/page/68032.nabidka-vyvazeni-klikovych-hrideli/>
- Národní sportovní řády 2011 federace automobilového sportu AČR  
opletalova 29, Praha 1, 11000
- <http://cs.autolexicon.net/articles/naprava-macpherson-mcpherson/>
- Petr\_Hejtmánek-  
Navrh\_zarizeni\_pro\_mereni\_a\_serizeni\_podvozku\_zavodniho\_auto  
mobilu
- <http://www.autoznanosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/40-geometriezavesenikol.html> SBÍHAVOST OBRÁZEK
- <http://www.peugeot-sport-store.com/cms/web/upload/documentation/241/531aba4218b3d.pdf>  
  
převodovka  
  
<http://www.csad.cz/modules.php?name=article&sid=3559>